

PAT-NO: JP362221856A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 62221856 A
TITLE: SPHERICAL MOTOR
PUBN-DATE: September 29, 1987

INVENTOR-INFORMATION:
NAME

KANEKO, KAZUMASA

YAMADA, ICHIRO

ITAO, KIYOSHI

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME

COUNTRY

NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

N/A

APPL-NO: JP61064387

APPL-DATE: March 22, 1986

INT-CL (IPC): H02K033/16

ABSTRACT:

PURPOSE: To miniaturize and lighten a
multi-degree-of-freedom actuator by

arranging plural sets of windings on a spherical surface and controlling an electric current of each winding.

CONSTITUTION: A spherical motor is composed of a rotor 3 having spherical magnetic poles on the outer periphery by the use of a permanent magnet 1 and a yoke 2, a stator 8 having slots provided with winding groups 4~7 and a spherical bearing 11 rotatably supporting an output shaft 10 united in an integral body with the rotor 3 at three degrees of freedom. In this manner, a torque T about three axes X, Y, Z can freely be controlled by adjustment of an electric current of four windings according to the inclinations θ , ϕ ; of the output shaft 10.

COPYRIGHT: (C)1987,JPO&Japio

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-221856

⑤Int.Cl.⁴
H 02 K 33/16識別記号 庁内整理番号
Z-7740-5H

④公開 昭和62年(1987)9月29日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑬発明の名称 球面モータ

⑭特 願 昭61-64387

⑮出 願 昭61(1986)3月22日

⑯発 明 者 金 子 和 政 武蔵野市緑町3丁目9番11号 日本電信電話株式会社電子
機構技術研究所内⑰発 明 者 山 田 一 郎 武蔵野市緑町3丁目9番11号 日本電信電話株式会社電子
機構技術研究所内⑱発 明 者 板 生 清 武蔵野市緑町3丁目9番11号 日本電信電話株式会社電子
機構技術研究所内

⑲出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

⑳代 理 人 弁理士 鈴木 誠

明 細 書

1. 発明の名称

球面モータ

2. 特許請求の範囲

(1) 球面上に該球面を複数に分割する形状に配置された複数の巻線を持つステータと、永久磁石もしくは永久磁石と継鉄からなる球面状の磁極を有するロータと、該ロータを上記ステータと微小空隙を介して回転自在に支持する球面軸受とを有し、上記ロータの永久磁石から生じる磁界中で上記ステータの各巻線に流れる電流を制御することにより、上記ロータに任意の方向の駆動トルクを生じさせることを特徴とする球面モータ。

(2) 特許請求の範囲第1項記載の球面モータについて、ロータ側に巻線を設け、ステータ側に永久磁石もしくは永久磁石と継鉄からなる球面状の磁極を設けたことを特徴とする球面モータ。

(3) 特許請求の範囲第1項もしくは第2項の球面モータにおいて、ロータの3次元的な位置信号を検出する手段を設け、各巻線に供給する電流を該

位置信号に応じて切り替えることを特徴とする球面モータ。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明はマニピュレータなどの多自由度運動機構に用いられる多自由度アクチュエータに係り、特に小形にして簡素な構造により3自由度の運動を実現する球面モータの構成に関する。

(従来技術)

多自由度機構を構成する場合、一般には、一つの自由度に対して一つのアクチュエータを配置し、複雑な伝達機構を用いて多自由度の運動を実現している。このため、伝達機構の弾性変形やガタの影響で機械的な位置決め精度が劣化したり、機構全体が大型で重くなるという問題が生じている。また、先端のアクチュエータの重量が根元のアクチュエータの負荷となり、実際の負荷に対して必要以上に大型のアクチュエータを用いなければならないことも多い。これに対し、アクチュエータ自体が多自由度できれば、これらの問題点は解決

し、機構の簡素化、小形・軽量化が可能となる。

〔発明が解決しようとする問題点〕

現在、一般に市販されているモータの大多数は回転または直進の1自由度形のものである。従来、多自由度アクチュエータの代表的な例としては、Sawyerの原理に基づくXY形の平面ステップモータがあり、これはXYNETICS社が開発した自動製図機に実際に用いられている。また、2方向搬送用リニアモータ誘導モータや直進と回転の2方向に駆動する円筒形ステップモータ等の研究も進められているが、これらに関しては、また、実用化されていない。一方、3自由度形のものについては、これまでに、回転境界を利用した3次元モータや形状記憶合金や電圧素子などの機能材料を用いた球面アクチュエータなどが提案されているが、いずれもアイデア段階で、まだ具体化されていない現状である。

本発明の目的は、多自由度機構の簡素化、小形・軽量化に必要な多自由度アクチュエータを実現すべく、小形かつ簡素な構造で、直交する3軸ま

わりに回転可能な3自由度の球面モータを提供することにある。

〔問題点を解決するための手段及び作用〕

本発明による球面モータは、複数組の巻線を球面上に配置し、各巻線の電流を制御することにより、直交する3軸まわりのトルクにロータを自在に生じさせる構造としたことを特徴としている。

〔実施例〕

以下、本発明の一実施例について図面により説明する。

第1図は本発明の球面モータの一実施例を示す構造断面図であり、第2図は第1図のA-A'断面図である。図中、1は永久磁石、2は継鉄であり、永久磁石1および継鉄2によって外周に球面状の磁極を有するロータ3を構成する。4～7は巻線群であり、これらの巻線群は複数組の巻線から成っている。1組の巻線は、半球面を4分割する形状の4個の巻線から成っており、第2図においては、a～dの4組の巻線を示している。8は巻線4～7を設けたスロットを有するステータで

- 3 -

あり、ロータ3とともに図中の点線9のような磁路を形成する。10はロータ3と一体になった出力軸であり、その一端は球面軸受11を介して回転自在に支持されている。第3図は第2図の巻線4～7の構造を示す図であり、4～7の巻線群を構成する4組の巻線a～dが少しづつずれて配置されている。

第4図は本発明の球面モータの動作を説明するための図であり、第5図はロータとステータとの位置関係を示すものである。

次に、第4図にしたがって本球面モータの動作を説明する。同図において、4a～7aは第3図に示す1組の巻線である。また、点線12はロータ3の外周部分を示しており、磁界が作用する位置を示している。このとき、点線12と巻線4a～7aの交点13a～13dが力の作用点となる。そこで、巻線が形成する球面の中心Oを原点として、ステータに固定した直角座標系XYZをとり、その座標系での力の作用点13a～13dの位置ベクトルを $r_1 \sim r_4$ 。また、各作用点に作用する

- 4 -

カベクトルを $f_1 \sim f_4$ とすると、XYZ3軸まわりのトルクTは、第1式で与えられる。

$$T = \begin{bmatrix} \tau_x \\ \tau_y \\ \tau_z \end{bmatrix} = \sum_{j=1}^4 r_j \times f_j \quad (1)$$

ただし、 τ_x, τ_y, τ_z はそれぞれトルクTのX軸、Y軸、Z軸まわりのトルク成分を示す。

このとき各作用点に生じる力 $f_1 \sim f_4$ の大きさは、各点の磁束密度Bと、その点で磁界を横切る電流 $i_1 \sim i_4$ の大きさによって決まることは公知の事実であり、例えば第2式で与えられる。

$$|f_j| = N \ell B (i_1 - i_2) \quad (2)$$

ただし、Nは巻線の本数、 ℓ は巻線が磁界を横切る長さである。したがって、4つの巻線電流 $i_1 \sim i_4$ の値によって、 $f_1 \sim f_4$ の値を任意に調整することができる。

また、 $r_1 \sim r_4$ は出力軸の傾き角（例えばオイラー角等）を用いて幾何学的に求めることができる。例えば、第5図に示すZ'軸を出力軸10とし、このZ'軸の傾き角をX軸まわりの回転角 θ と、この回転をしたあとのX' Y' Z'座標系の

Y' 軸まわりの回転角 ϕ で表すと、 $r_1 \sim r_4$ は、第3式のように θ と ϕ の関数 h_i で表される。

$$r_j = \begin{bmatrix} x_j \\ y_j \\ z_j \end{bmatrix} = h_j(\theta, \phi) \quad (3)$$

ただし、 x_j, y_j, z_j は、位置ベクトル r_j の XYZ 成分を示す。

上記第1式から第3式を用いると、 τ_x は、第4式のようになる。

$$\tau_x = z_2 f_2 - z_4 f_4 \\ = N \mu B \{ z_2 \cdot (i_2 - i_1) - z_4 \cdot (i_4 - i_1) \} \quad (4)$$

同様に、 τ_y, τ_z については第5式および第6式のようになる。

$$\tau_y = N \mu B \{ z_2 \cdot (i_4 - i_2) - z_1 \cdot (i_2 - i_1) \} \quad (5)$$

$$\tau_z = N \mu B \{ x_4 \cdot (i_4 - i_1) - x_2 \cdot (i_2 - i_1) \} \\ + N \mu B \{ y_1 \cdot (i_2 - i_1) - y_2 \cdot (i_4 - i_2) \} \quad (6)$$

先に説明したように、 x_j, y_j, z_j は θ と ϕ の関数として与えられる。したがって出力軸の傾き角 θ, ϕ に応じて4つの巻線電流 $i_1 \sim i_4$ を調節すれば、 XYZ 軸まわりのトルク T を自在に制御することが可能となる。

- 7 -

間に回転軸15を介して設けられている。このような2重構造とすることによって、出力軸の傾き角 θ, ϕ と出力軸の回転とを分離して検出することができ、さらには、出力軸の傾き角 θ, ϕ に応じて各巻線の電流を制御することにより、出力軸の傾きによる駆動トルクの変動を補償することが可能となる。

〔発明の効果〕

以上、詳細に説明したように、本発明に係る構造の球面モータによれば、比較的簡素な構造で容易に3自由度の球面モータを実現することができ、例えば、マニピュレータの関節などに応用できる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の球面モータの実施例を示す図、第2図は第1図のA-A'断面図、第3図は第1図の球面モータにおける巻線の構造図、第4図は本発明の球面モータの動作を説明するための動作原理図、第5図は出力軸の傾きを定義する説明図、第6図は本発明の球面モータの他の実施例の一部断面図である。

第4図には1組の巻線4a~7aしか示されていないが、第3図に示したように、このような巻線を複数組(4a~7a, 4b~7b, 4c~7c, 4d~7d)設け、Z軸まわりの変位に基づいて励磁する巻線を切り替えることにより、Z軸まわりに滑らかにかつ無限に回転させることが可能である。

なお、上記の動作は、ロータ側に巻線を設け、ステータ側に永久磁石もしくは永久磁石と鉄からなる球面状の磁極を設けた構成としても、全く同様であることはもちろんである。

第6図はロータとステータの相対位置検出手段を設けた本発明の球面モータの他の実施例を示す。図中、14は球面滑り軸受、15は回転軸受、16は支持部材、17は回転検出用の光学式エンコーダ、18は出力軸10の傾きを検出するための表面に歪みゲージを貼った板バネである。この板バネ18はステータ8と支持材16の間に球面滑り軸受14を介して設けられており、また、光学式エンコーダ17は支持材16と出力軸10との

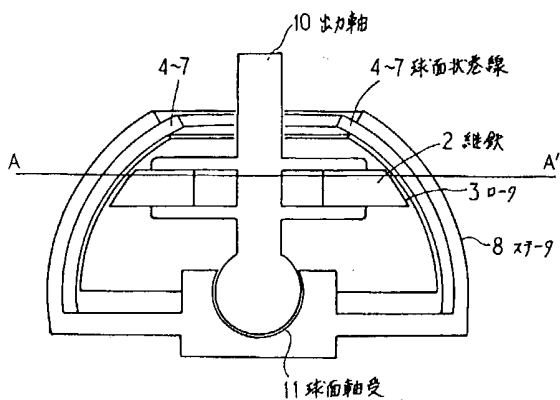
- 8 -

- 1…永久磁石、 2…鉄鉄、 3…ロータ、
4a~7d…球面状巻線、 8…ステータ、
9…磁路、 10…出力軸、 11…球面軸受、
13a~13d…力の作用点、 14…球面滑り軸受、
15…回転軸受、 16…支持部材、
17…ロータリエンコーダ、 18…板バネ。

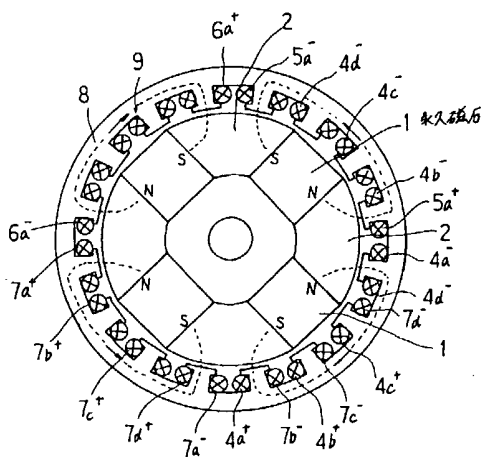
代理人 井理士 鈴木



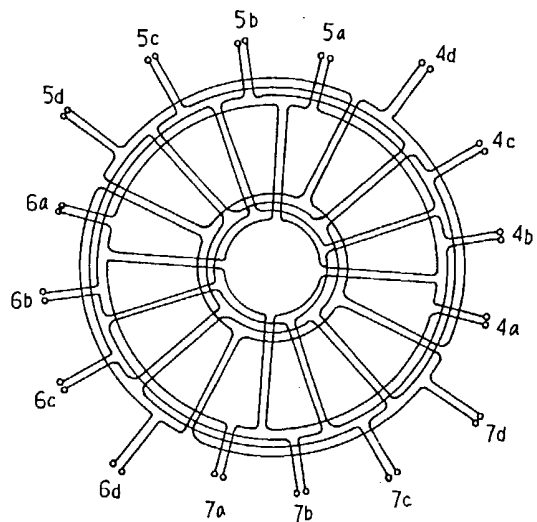
第 1 図



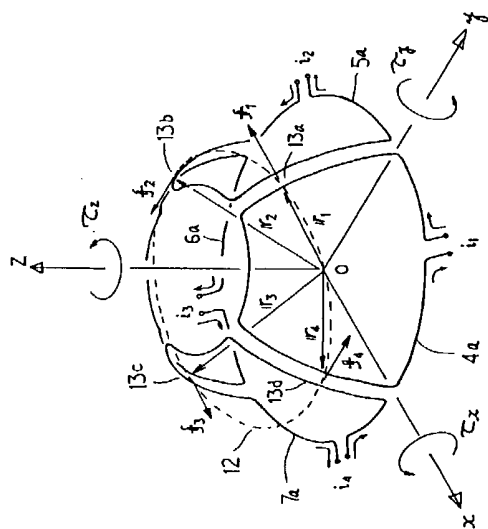
第 2 図



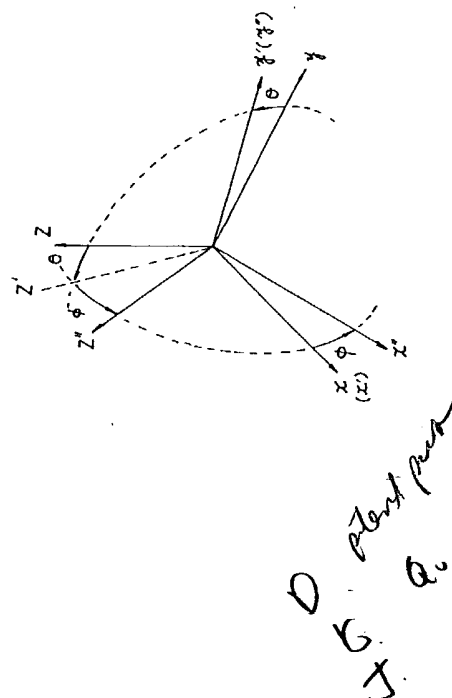
第 3 図



第 4 図



第 5 図



D. plant per
G. a.

第 6 図

